



Sección de Ingeniería Civil
Universidad de La Laguna

COMPLEMENTOS TFG

BLOQUE II. EVALUACIÓN AMBIENTAL

ÍNDICE

1.	<i>EVALUACIÓN AMBIENTAL ESTRATÉGICA DE PLANES Y PROGRAMAS</i>	4
1.1.	Ordinaria	4
1.2.	Simplificada.....	5
2.	<i>EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL DE PROYECTOS</i>	6
2.1.	Ordinaria	7
2.2.	Simplificada.....	8
3.	<i>IMPACTOS AMBIENTALES</i>	11
3.1.	Medio físico	13
3.2.	Medio socioeconómico	14
3.3.	Indicadores de impactos	15
3.4.	Criterios de evaluación	19
3.5.	Metodologías de evaluación	20
4.	<i>MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTIVAS</i>	24
4.1.	Clima	24
4.2.	Calidad del aire.....	24
4.3.	Ruidos	25
4.4.	Geología y geomorfología	25
4.5.	Hidrología superficial y subterránea	26
4.6.	Suelos	27
4.7.	Vegetación	30
4.8.	Fauna	31
4.9.	Paisaje	32
4.10.	Socioeconomía	36
5.	<i>MEDIDAS COMPENSATORIAS</i>	36
6.	<i>PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL</i>	37
6.1.	Verificación.....	37
6.2.	Seguimiento y control	38

6.3.	Redefinición	39
6.4.	Emisión y remisión de informes.....	40

1. EVALUACIÓN AMBIENTAL ESTRATÉGICA DE PLANES Y PROGRAMAS

El proceso de evaluación ambiental estratégica está reservado a aquellos planes y programas con efectos significativos sobre el medio ambiente. Asimismo, existen dos tipos de evaluación ambiental estratégica:

- Ordinaria
- Simplificada

Quedan explícitamente excluidos de esta evaluación los planes y programas:

- Que tengan como único objeto la defensa nacional o la protección civil en casos de emergencia.
- De tipo financiero o presupuestario

A continuación, se pretende describir cuál es el procedimiento a tener en cuenta en función del tipo de plan o programa y cuál es el resultado final del mismo

1.1. Ordinaria

Serán objeto de una evaluación ambiental estratégica ordinaria los planes y programas, así como sus modificaciones, que se adopten o aprueben por una Administración pública y cuya elaboración y aprobación venga exigida por una disposición legal o reglamentaria o por acuerdo del Consejo de ministros o del Consejo de Gobierno de una comunidad autónoma, cuando:

1. Establezcan el marco para la futura autorización de proyectos legalmente sometidos a evaluación de impacto ambiental y se refieran a la agricultura, ganadería, silvicultura, acuicultura, pesca, energía, minería, industria, transporte, gestión de residuos, gestión de recursos hídricos, ocupación del dominio público marítimo terrestre, utilización del medio marino, telecomunicaciones, turismo, ordenación del territorio urbano y rural, o del uso del suelo; o bien,
2. Requieran una evaluación por afectar a espacios Red Natura 2000 en los términos previstos en la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad.
3. Los que habiendo sido sometidos a evaluación ambiental estratégica simplificada, el correspondiente informe ambiental estratégico dictamine que es necesario someterlos a evaluación ambiental estratégica ordinaria.
4. Los planes y programas que, aunque tengan que someterse a evaluación ambiental estratégica simplificada, el promotor solicite la realización del procedimiento correspondiente a evaluación ambiental estratégica ordinaria

La evaluación ambiental estratégica ordinaria consta de los siguientes trámites:

- a) Solicitud de inicio.
- b) Consultas previas y determinación del alcance del estudio ambiental estratégico.
- c) Elaboración del estudio ambiental estratégico.
- d) Información pública y consultas a las Administraciones públicas afectadas y personas interesadas.
- e) Análisis técnico del expediente.
- f) Declaración ambiental estratégica.

En cuanto a los plazos, si no tenemos en cuenta los tiempos de redacción de la documentación de la solicitud de inicio ni del estudio ambiental estratégico, serían los que se indican en la siguiente figura.

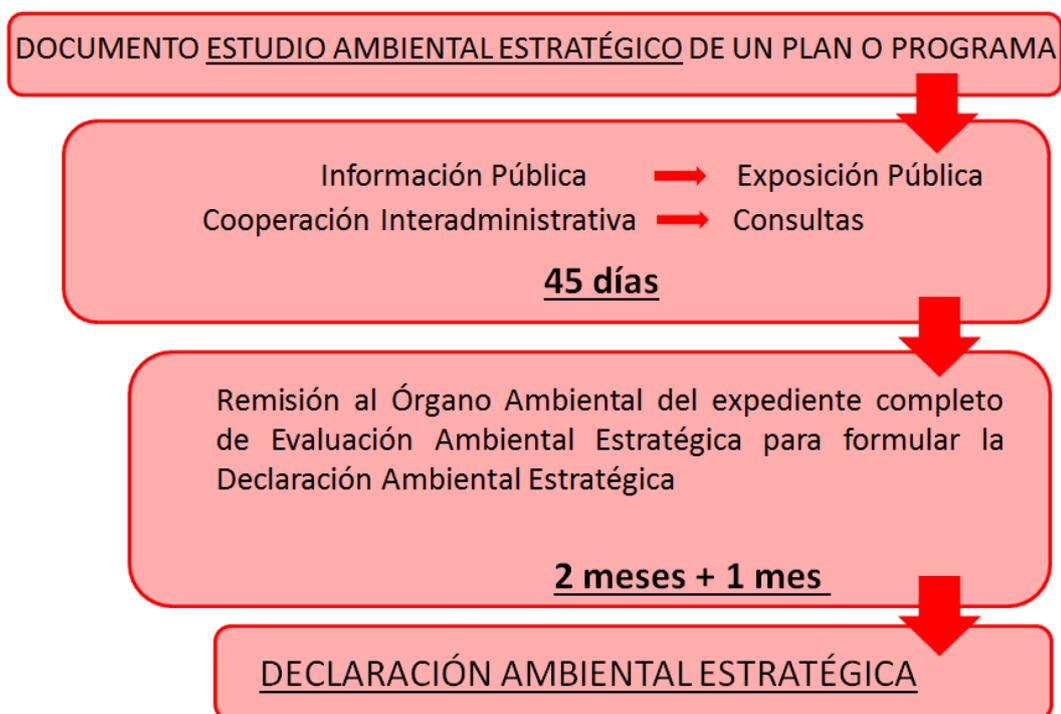


Figura 1. Plazos administrativos en la Evaluación Ambiental Estratégica Ordinaria

1.2. Simplificada

La evaluación ambiental estratégica simplificada es aplicable a todos aquellos planes y programas que no deben someterse a evaluación ambiental estratégica ordinaria. El procedimiento es similar al correspondiente a la ordinaria, diferenciándose principalmente de este en que no es necesario el trámite de información pública y en que no hay que redactar un estudio ambiental estratégico, sino la documentación

que se indica en el apartado correspondiente a la solicitud de inicio. De esta forma, los pasos del procedimiento serían:

- a) La solicitud de inicio
- b) La consulta a las Administraciones públicas afectadas y a las personas interesadas
- c) El informe ambiental estratégico

En cuanto a los plazos, si no tenemos en cuenta los tiempos de redacción de la documentación de la solicitud de inicio, serían los que se indican en la siguiente figura.

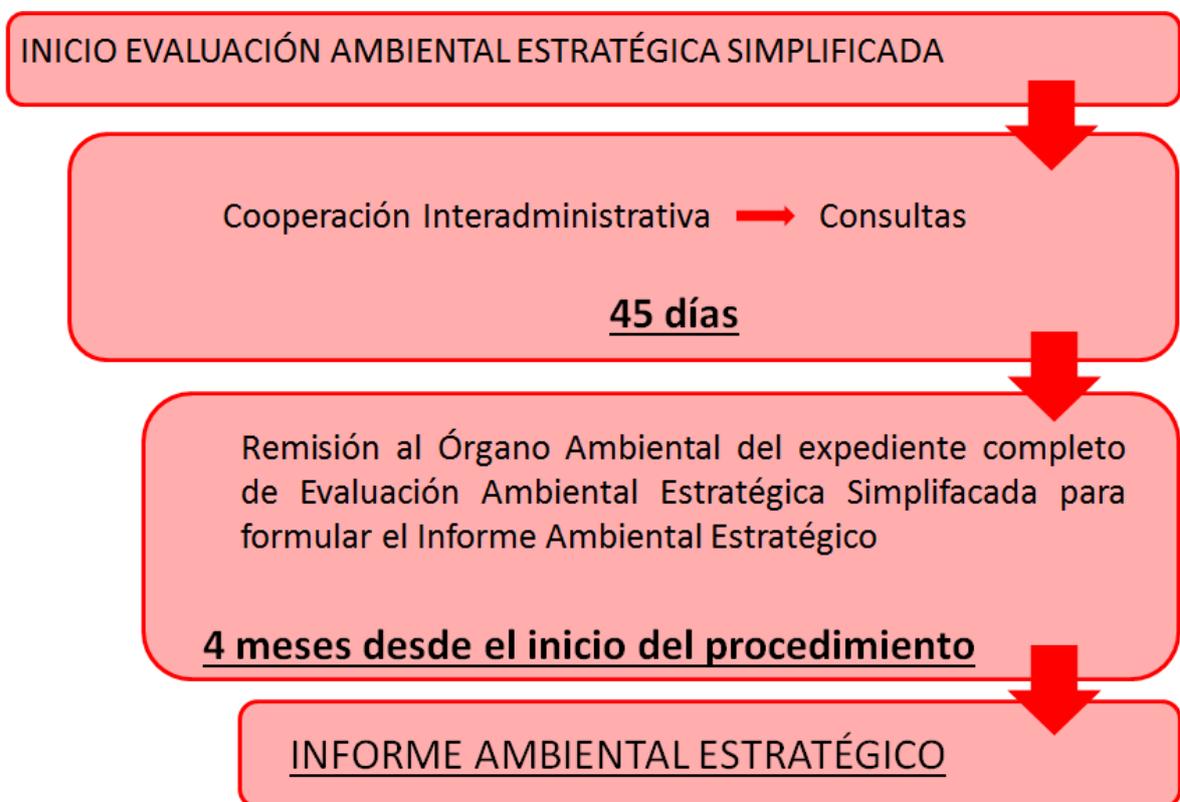


Figura 2. Plazos administrativos en la Evaluación Ambiental Estratégica Simplificada

2. EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL DE PROYECTOS

Deben someterse a evaluación de impacto ambiental todos aquellos proyectos con efectos significativos sobre el medio ambiente. Existen dos tipos:

- Ordinaria
- Simplificada

Quedan explícitamente excluidos de la evaluación ambiental los proyectos:

- Estén relacionados con los objetivos de la defensa nacional cuando tal aplicación pudiera tener repercusiones negativas sobre tales objetivos.
- Detallados y aprobados específicamente por una Ley. Estos proyectos deben contener los datos necesarios para la evaluación de las repercusiones de dicho proyecto sobre el medio ambiente y en la tramitación de la Ley de aprobación del proyecto se deben cumplir los objetivos establecidos en esta Ley.

Hay que mencionar que la evaluación ambiental estratégica de un plan o programa no excluye la evaluación de impacto ambiental de los proyectos que de ellos se deriven, aunque el órgano ambiental podrá acordar motivadamente, en aras del principio de eficacia, la incorporación de trámites y de actos administrativos del procedimiento de evaluación ambiental estratégico en otros procedimientos de evaluación ambiental, siempre y cuando no haya transcurrido el plazo establecido en el plan o programa o, en su defecto, el de cuatro años desde la publicación de la declaración ambiental estratégica y no se hayan producido alteraciones de las circunstancias tenidas en cuenta en la evaluación ambiental estratégica.

A continuación, se pretende describir cuál es el procedimiento a tener en cuenta en función del tipo de proyecto y cuál es el resultado final del mismo

2.1. Ordinaria

Serán objeto de una evaluación de impacto ambiental ordinaria los siguientes proyectos:

1. Los comprendidos en el anexo I de la Ley 21/2013 de Evaluación Ambiental, así como los proyectos que, presentándose fraccionados, alcancen los umbrales del citado anexo mediante la acumulación de las magnitudes o dimensiones de cada uno de los proyectos considerados.
2. Los que sean sometidos a una evaluación de impacto ambiental simplificada cuando así lo decida el órgano ambiental en base a los criterios que se muestran en el apartado correspondiente a la evaluación de impacto ambiental simplificada.
3. Cualquier modificación de las características de un proyecto consignado en el anexo I o II de la Ley 21/2013 de Evaluación Ambiental, cuando dicha modificación cumple, por sí sola, los umbrales establecidos en el mencionado anexo I
4. Los proyectos que necesiten una evaluación de impacto ambiental simplificada y que el promotor del mismo solicite que el proceso de evaluación de impacto ambiental sea el ordinario.

La evaluación de impacto ambiental ordinaria consta de los siguientes trámites:

- Actuaciones previas
 - Elaboración del documento de alcance del estudio de impacto ambiental

- Información pública y consultas a las Administraciones Públicas afectadas y a las personas interesadas
- Solicitud de inicio
- Análisis técnico del expediente de impacto ambiental
- Declaración de impacto ambiental

En cuanto a los plazos, si no tenemos en cuenta los tiempos de redacción de la documentación correspondiente, serían los siguientes:

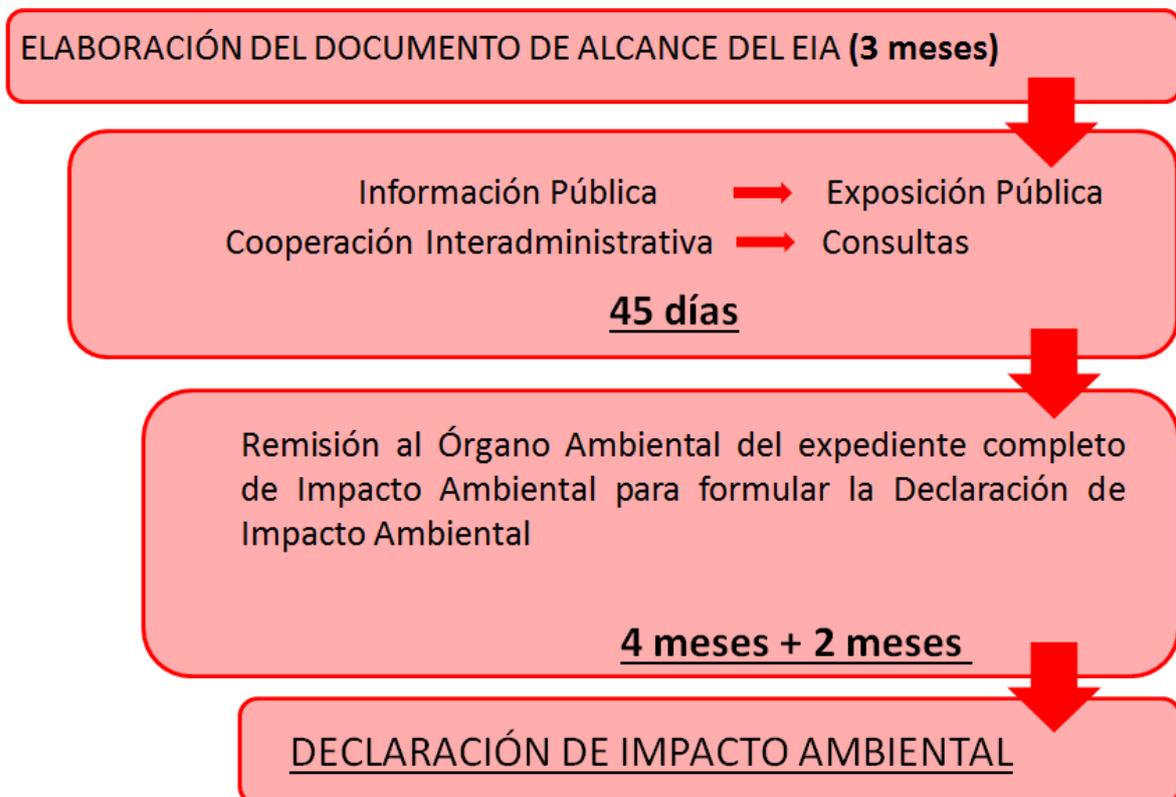


Figura 3. Plazos administrativos en la Evaluación de Impacto Ambiental Ordinaria

2.2. Simplificada

Serán objeto de una evaluación de impacto ambiental simplificada:

1. Los proyectos comprendidos en el anexo II de la Ley 21/2013 de Evaluación Ambiental
2. Los proyectos no incluidos ni en el anexo I ni el anexo II de la Ley 21/2013 de Evaluación Ambiental que puedan afectar de forma apreciable, directa o indirectamente, a Espacios Protegidos Red Natura 2000
3. Cualquier modificación de las características de un proyecto del anexo I o del anexo II de la Ley 21/2013 de Evaluación Ambiental ya autorizados, ejecutados o en proceso de ejecución, que

pueda tener efectos adversos significativos sobre el medio ambiente. Se entenderá que esta modificación puede tener efectos adversos significativos sobre el medio ambiente cuando suponga:

- a) Un incremento significativo de las emisiones a la atmósfera.
 - b) Un incremento significativo de los vertidos a cauces públicos o al litoral.
 - c) Incremento significativo de la generación de residuos.
 - d) Un incremento significativo en la utilización de recursos naturales.
 - e) Una afección a Espacios Protegidos Red Natura 2000.
 - f) Una afección significativa al patrimonio cultural.
4. Los proyectos que, presentándose fraccionados, alcancen los umbrales del anexo II de la Ley 21/2013 de Evaluación Ambiental mediante la acumulación de las magnitudes o dimensiones de cada uno de los proyectos considerados.
 5. Los proyectos del anexo I de la Ley 21/2013 de Evaluación Ambiental que sirven exclusiva o principalmente para desarrollar o ensayar nuevos métodos o productos, siempre que la duración del proyecto no sea superior a dos años

El procedimiento es similar al correspondiente a la ordinaria, diferenciándose principalmente de este en que no es necesario el trámite de información pública y en que no hay que redactar un Estudio de Impacto Ambiental, sino la documentación que se indica en el apartado correspondiente a la solicitud de inicio. De esta forma, los pasos del procedimiento serían:

- La solicitud de inicio
- La consulta a las Administraciones públicas afectadas y a las personas interesadas
- El informe de impacto ambiental

En cuanto a los plazos, si no tenemos en cuenta los tiempos de redacción de la documentación de la solicitud de inicio, serían los que se indican en la siguiente figura.



Figura 4. Plazos administrativos en la Evaluación de Impacto Ambiental Simplificada

Un proyecto sometido a evaluación ambiental simplificada puede ser obligado a someterse a evaluación de impacto ambiental ordinaria por parte del Órgano Ambiental de acuerdo con los criterios de la siguiente tabla:

Tabla 1. Criterios para determinar si un proyecto debe someterse a evaluación de impacto ambiental ordinaria

CRITERIO	CONSIDERACIÓN
Características de los proyectos	El tamaño del proyecto
	La acumulación con otros proyectos
	La utilización de recursos naturales
	La generación de residuos
	Contaminación y otros inconvenientes
	El riesgo de accidentes, considerando en particular las sustancias y las tecnologías utilizadas
Ubicación de los proyectos	El uso existente del suelo
	La abundancia relativa, calidad y capacidad regenerativa de los recursos naturales del área
	La capacidad de carga del medio natural, con especial atención a las áreas siguientes: <ul style="list-style-type: none"> • Humedales.

CRITERIO	CONSIDERACIÓN					
	<ul style="list-style-type: none"> • Zonas costeras. • Áreas de montaña y de bosque. • Reservas naturales y parques. • Áreas clasificadas o protegidas por la legislación del Estado o de las Comunidades Autónomas; lugares Red Natura 2000 • Áreas en las que se han rebasado ya los objetivos de calidad medioambiental establecidos en la legislación comunitaria • Áreas de gran densidad demográfica • Paisajes con significación histórica, cultural y/o arqueológica • Áreas con potencial afección al patrimonio cultural 					
<i>Características del potencial impacto</i>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td data-bbox="470 795 1433 840">La extensión del impacto (área geográfica y tamaño de la población afectada)</td> </tr> <tr> <td data-bbox="470 840 1433 884">El carácter transfronterizo del impacto</td> </tr> <tr> <td data-bbox="470 884 1433 929">La magnitud y complejidad del impacto</td> </tr> <tr> <td data-bbox="470 929 1433 974">La probabilidad del impacto</td> </tr> <tr> <td data-bbox="470 974 1433 1019">La duración, frecuencia y reversibilidad del impacto</td> </tr> </table>	La extensión del impacto (área geográfica y tamaño de la población afectada)	El carácter transfronterizo del impacto	La magnitud y complejidad del impacto	La probabilidad del impacto	La duración, frecuencia y reversibilidad del impacto
La extensión del impacto (área geográfica y tamaño de la población afectada)						
El carácter transfronterizo del impacto						
La magnitud y complejidad del impacto						
La probabilidad del impacto						
La duración, frecuencia y reversibilidad del impacto						

3. IMPACTOS AMBIENTALES

La previsión de impactos ocasionados por una infraestructura está condicionada por tres aspectos:

1. La ausencia de un adecuado conocimiento de la respuesta de muchos componentes del ecosistema y medio social frente a una acción determinada
2. La carencia de información detallada sobre algunos componentes del proyecto que pueden ser fundamentales desde un punto de vista ambiental
3. El hecho de que, en muchas ocasiones, en la obra se presentan desviaciones respecto al proyecto original que no pueden ser tenidas en cuenta a la hora de realizar el Estudio de Impacto Ambiental.

Todos ellos contribuyen a que la estimación de impactos presente una cierta dosis de incertidumbre, cuya magnitud resulta francamente difícil de evaluar.

Profundizando en los conceptos anteriores, cabe resaltar respecto a la respuesta de los ecosistemas dos aspectos fundamentales:

- a) La experiencia sobre el funcionamiento de los ecosistemas en la región mediterránea es mucho menor que en otras regiones, lo que unido a la gran variabilidad estacional e interanual de su climatología, la diversidad espacial de sus comunidades, etc, hace que en

esta región se conozcan relativamente mal los ciclos básicos de los ecosistemas y sus mecanismos homeostáticos.

- b) Dependiendo de la variable que se trate, existen metodologías que conllevan mayor o menor error en la previsión de las alteraciones. En la figura siguiente se ha representado conceptualmente el grado de fiabilidad de la previsión de los distintos sistemas. Este grado de fiabilidad está en función de varios factores, entre los que cabe citar el grado de conocimiento que se tenga de aquellos, el número de variables independientes que lo caracteriza, el tipo de respuesta de estos, la dependencia con sistemas exteriores, etc. En ciertos sistemas (por ejemplo, ruidos, visibilidad, calidad de las aguas, etc.) las previsiones tienen un mayor margen de incertidumbre, por lo que han de efectuarse en muchas ocasiones mediante el método de escenarios comparados.

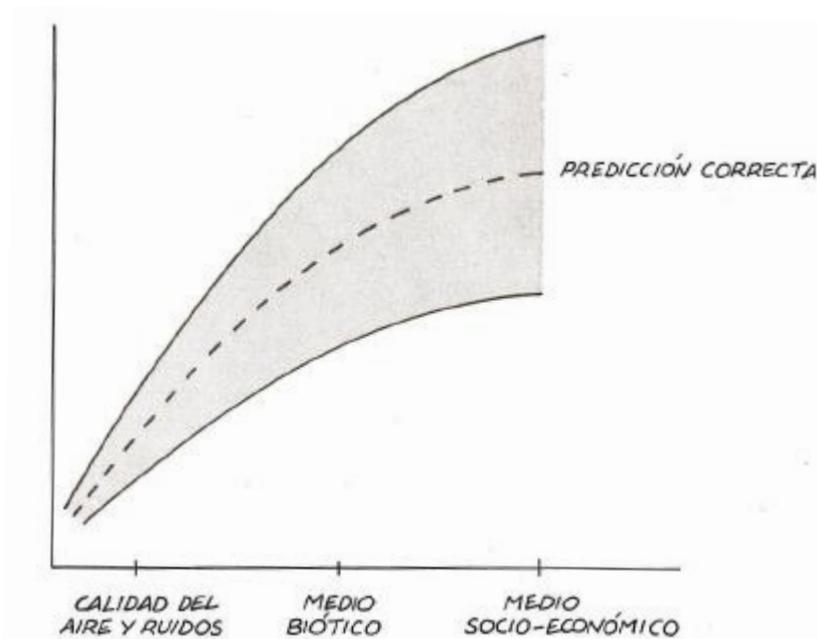


Imagen 1. Esquema del grado de incertidumbre en la predicción de impactos según los componentes del medio físico y social. Fuente Guías metodológicas para la elaboración de estudios de impacto ambiental. Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente

Referente al grado de descripción del proyecto, ciertos parámetros son consecuencia de estimaciones con varios horizontes y su margen de error puede ser elevado; otros no suelen estar especificados en el proyecto y se deciden en la fase de obra (por ejemplo, la localización de los depósitos de los materiales). Sin embargo, estos parámetros son fundamentales a la hora de predecir los impactos, pudiendo considerarse que su grado de detalle está en función de la fase del proyecto que se esté desarrollando (estudio previo o funcional, anteproyecto, proyecto y/o obra). El grado de fiabilidad de las alteraciones será mayor cuanto más avanzado esté el proyecto, aunque de cara a evitar los impactos, las fases previas, en las que tiene lugar la selección de alternativas, son las más efectivas.

Finalmente, cabe comentar que algunos impactos asociados (como el incremento del desarrollo industrial y urbano) sólo pueden estimarse a través de métodos como el de escenarios comparados; estos impactos pueden ser muy importantes de cara a evaluar el impacto global de la nueva línea infraestructura. Nos centraremos en las principales alteraciones que pueden generarse por la construcción y explotación de una vía de comunicación

3.1. Medio físico

A continuación, se recoge una lista de afecciones que hay que tomar como un recordatorio, ya que, según el tipo de obra y las características del medio afectado, pueden aparecer alteraciones no incluidas en ella o, por el contrario, puede resultar excesivamente exhaustiva:

- Calidad del aire
 - Incremento de los niveles de inmisión de partículas en suspensión y sedimentables, tanto en fase de obra como de explotación
- Ruidos
 - Incremento de emisiones sonoras tanto en fase de obra como de explotación
- Clima
 - Cambios microclimáticos en los alrededores de la vía debidos a la distinta reflectancia de los materiales empleados respecto a la superficie original y a la destrucción de la vegetación.
 - Modificaciones mesoclimáticas generadas por la creación de "pasillos" entre valles y el efecto "barrera" de ciertas infraestructuras, que inducen modificaciones en el régimen local de vientos
- Geología y geomorfología
 - Aumento de los riesgos de inestabilidad de las laderas
 - Destrucción de yacimientos paleontológicos o de puntos de interés geológico
- Hidrología superficial y subterránea
 - Desvío temporal o permanente de cauces
 - Impermeabilización de superficies
 - Erosión hídrica debido al movimiento de tierras
 - Arrastre de las partículas y contaminantes provenientes de las emisiones atmosféricas
 - Utilización de aditivos para la conservación de la infraestructura

- Vertidos accidentales
- Suelos
 - Destrucción directa o compactación de suelos por la ejecución de la infraestructura y por los movimientos de tierras
 - Acumulación de contaminantes transmitidos por vía atmosférica o por vía hidrológica, a través de los arrastres de las aguas de escorrentía.
- Vegetación
 - Directos durante la fase de obras
 - Indirectos, a través de otros componentes del ecosistema, durante la fase de explotación
- Fauna
 - Efecto de corte que se produce en sus movimientos
 - Cambios de hábitat por modificaciones en otros sistemas como pueden ser suelos, agua y vegetación
 - Erradicación o pérdida de zonas de reproducción y/o alimentación
 - Aumento de la caza y/o furtivismo
- Paisaje
 - Introducción de líneas rectas que suelen ser discordantes con las formas onduladas del terreno
 - Contraste cromático con el entorno por la presencia de zonas desnudas de vegetación o por el color de la propia infraestructura

3.2. Medio socioeconómico

No existe una metodología única para el tratamiento de las alteraciones en el medio socio-económico por lo que cada profesional debe decidir la que en cada caso considere más oportuna y operativa. Algunos autores establecen una división en tres categorías de análisis según se ocupen del individuo aisladamente, del conjunto de individuos (población) y su distribución o características, o de la comunidad, es decir, del conjunto de individuos como colectivo que se rige por unas reglas y comparte unos equipamientos y servicios.

Otros autores, por el contrario, prefieren abordar el estudio analizando las diferentes alteraciones que se producen sobre los distintos componentes del medio. A continuación, se ha adoptado el criterio de describirlas por subsistemas afectados, ya que se considera que de este modo se establece una conexión más estrecha con la definición de la situación preoperacional:

- Demografía
 - Alteraciones sobre la estructura demográfica
 - Cambios en la distribución espacial de la población
 - Alteraciones en la población activa
 - Alteraciones sobre la salud
- Factores socioculturales
 - Alteración en los modos de vida
 - Alteración de la accesibilidad transversal y cohesión de la comunidad
 - Afección al patrimonio histórico español y a las vías pecuniarias
- Sector primario
 - Afecciones directas por cambios de uso del suelo
 - Alteraciones en otros componentes del sistema, tales como la vegetación, calidad del suelo, calidad y cantidad de agua, etc., que afectan a la actividad agropecuaria y forestal.
- Sector secundario
 - No se producen alteraciones genéricas, por lo que hay que observar las particularidades de cada caso
 - Alteración en el transporte de mercancías y en la accesibilidad que estas precisan, que pueden afectar desde un punto de vista económico al coste en gasolina o tiempo de viaje
- Sector terciario
 - Incremento de la demanda procedente de los obreros empleados en la construcción de las obras
 - Aumento de la demanda de mano de obra
- Sistema territorial
 - Aumento de accesibilidad
 - Presencia del efecto "barrera"

3.3. *Indicadores de impactos*

Un indicador es un elemento del medio ambiente afectado o potencialmente afectado por un agente de cambio. En el contexto que nos ocupa, los indicadores de impacto serían unos índices, bien cuantitativos,

bien cualitativos, que permiten evaluar la cuantía de las alteraciones que se producen como consecuencia de un determinado proyecto.

Los indicadores de impacto, para ser útiles, deben cumplir una serie de requisitos:

- Representatividad. Se refiere al grado de información que posee un indicador respecto al impacto global de la obra.
- Relevancia. La información que aporta es significativa sobre la magnitud e importancia del impacto.
- Excluyente. No existe una superposición entre los distintos indicadores
- Cuantificable. Medible siempre que sea posible en términos cuantitativos
- Fácil identificación. Definidos conceptualmente de modo claro y conciso.

Los indicadores de impacto tienen su principal valor a la hora de comparar alternativas, puesto que permiten cotejar para cada elemento del ecosistema la magnitud de la alteración que produce. Sin embargo, estos indicadores pueden ser también útiles para estimar los impactos de un determinado proyecto, puesto que, dentro de lo que cabe, permiten cuantificar y obtener una idea del orden de magnitud de las alteraciones. En este sentido los indicadores de impacto están íntimamente ligados a la valoración del inventario, debido a que la magnitud de los impactos depende en gran medida del valor asignado a las diferentes variables inventariadas.

Otro aspecto importante de los indicadores de impacto, es que estos pueden variar según la etapa en que se encuentra el proceso de generación de la vía de comunicación (por ejemplo, que sea un estudio previo o funcional o un proyecto), ya que el nivel de detalle que se posee sobre las acciones del proyecto suele ser muy diferente. Por ejemplo, el caso de una línea férrea y sus efectos sobre la geomorfología; en el proyecto se puede considerar como indicador de impacto el volumen del movimiento de tierras en las formaciones con mayores riesgos geológicos; en el estudio funcional, sin embargo, y debido a que seguramente no se conoce todavía este volumen, el indicador podrá ser, de cara a comparar alternativas, el contraste de relieves. Por ello, cada fase de proyecto debe tener indicadores propios, cuyo nivel de detalle y cuantificación irán concentrándose a medida que se desarrolla el proyecto.

Finalmente se quiere destacar que la lista de indicadores de impacto que se incluye es una referencia orientativa, que no debe ser aplicada como receta a cualquier caso; en cada proyecto y medio físico afectado será necesario elaborar una lista propia que recoja su casuística particular.

A continuación, se relacionan indicadores que son en ciertos casos válidos para las distintas fases del proyecto, mientras que en otros pueden variar según la fase de desarrollo:

- **Clima.** Un indicador de los cambios climáticos podría ser el número de puntos en que es posible que se produzcan nuevos canales de recorrido de los vientos o que se produzcan cortes.
- **Calidad de aire.** Los indicadores de la calidad pueden ser diferentes según se trate de estudios previos o de anteproyectos. En el primer caso se puede utilizar las superficies ocupadas por la infraestructura con diferente capacidad de dispersión atmosférica. En el segundo, la superficie afectada por distintos niveles de inmisión.
- **Ruidos y vibraciones.** Un posible indicador de impacto de esta variable será las superficies afectadas por niveles sonoros superiores a 35 DBA nocturnos y 55 DBA diurnos. Este indicador es conveniente que se complete con otros indicadores relacionados con el efecto que estas emisiones energéticas producen sobre la población y la fauna.
- **Geología y geomorfología.** En la fase de estudios previos se pueden adoptar indicadores tales como el número e importancia de los puntos de interés geológico afectados, el contraste de relieve y el grado de erosionabilidad e inestabilidad de los terrenos. En la de proyecto, además de algunos de los anteriores, los indicadores deben tener un mayor detalle, pudiendo concretarse al grado de riesgos geológicos.
- **Hidrología superficial y subterránea.** Se pueden citar los siguientes
 - Número de cauces interceptados, diferenciando si es el tramo alto, medio o bajo del río.
 - Superficie afectada por las infraestructuras en las zonas de recarga de acuíferos.
 - Número y valor de los embalses, lagos, zonas húmedas, etc., interceptados o cercanos
 - Caudales afectados por cambios en la calidad de las aguas.
 - Superficies afectadas por el riesgo de barrera-presa
- **Suelo.** Los indicadores de impacto sobre el suelo deben estar ligados más a la calidad de los suelos que al volumen de movimiento de tierras, por lo que un indicador posible sería la superficie de suelo de distintas calidades afectadas; otro indicador pueden ser los riesgos de erosión.
- **Vegetación.** Los indicadores de impactos para la vegetación pueden ser muy variados y entre ellos cabe citar:
 - Superficie de las distintas formaciones vegetales afectadas por las distintas obras y valoración de su importancia en función de diferentes escalas espaciales (local, autonómica, Estado Español, UE)
 - Número de especies protegidas o endémicas afectadas

- Superficies de las distintas formaciones afectadas por un aumento del riesgo de incendios
- Superficie de las distintas formaciones especialmente sensibles a peligros de contaminación atmosférica o hídrica
- Fauna. Los indicadores pueden ser parecidos a los de vegetación, aunque debido a su movilidad, debe considerarse también el efecto "barrera". Estos indicadores pueden ser:
 - Superficie de las distintas comunidades faunísticas directamente afectadas y valoración de su importancia
 - Poblaciones de especies endémicas, protegidas o de interés afectadas
 - Número e importancia de lugares especialmente sensibles, como pueden ser zonas de reproducción, alimentación, etc.
 - Especies y poblaciones afectadas por el efecto barrera o por riesgos de atropellamiento.
- Paisaje. Posibles indicadores de este elemento serían los siguientes:
 - Número de puntos de especial interés paisajístico afectados
 - Inter visibilidad de la vía y obra anejas: superficies afectadas
 - Volumen del movimiento de tierras previsto
 - Superficies intersecadas y valoración de las diferentes unidades paisajísticas interceptadas por la vía o la explotación de canteras
- Demografía. Las alteraciones en la demografía pueden evaluarse mediante indicadores como:
 - Variaciones en la población total y relaciones de esta variación con respecto a las poblaciones locales
 - Número de individuos residentes ocupados en empleos generados por la construcción de la infraestructura y derivados de los servicios
 - Número de individuos y/o construcciones afectadas por distintos niveles de inmisión sonora y de contaminación atmosférica
 - Grado de interferencia en las condiciones de conducción ocasionado por las obras
 - Número de usuarios de la vía y ahorro calculado en el tiempo y coste del viaje. Variación en el índice de peligrosidad en función de la longitud de la vía
- Factores socioculturales.

- Valor cultural y extensión de las zonas que pueden sufrir modificaciones en los modos de vida tradicionales
- Máxima y media demora peatonal como consecuencia de la existencia de la nueva vía y número y proporción de individuos que se van a ver afectados por la demora
- Número y valor de los elementos de patrimonio histórico-artístico y cultural afectados por la vía
- Sector primario. Posibles indicadores de las alteraciones en ese sector serían:
 - Porcentaje de la superficie expropiada y afectada, según calidad del suelo y productividad, en relación con la superficie total de la misma categoría
 - Variación de la productividad y calidad de producción
 - Incremento del valor del suelo en las zonas aledañas a la vía
 - Demora de la cabaña ganadera afectada por la construcción y explotación de la vía.
- Sector secundario. Algunos indicadores de este sector pueden ser:
 - Número de trabajadores en la obra que demandan servicios, y su porcentaje respecto al total de la población del área
 - Porcentaje respecto al total del nivel de ventas de los establecimientos comerciales
 - Renta/producción durante el período de construcción
 - Incremento de la demanda, en número de individuos, en relación con el dimensionado del equipamiento

3.4. Criterios de evaluación

Los criterios de valoración del impacto que se han propuesto son variados y su selección depende en gran medida del autor y del estudio. A continuación, se incluyen unos cuantos que suelen estar entre los más utilizados en los Estudios de Impacto Ambiental.

- Magnitud. Se refiere al grado de afección de un impacto concreto sobre un determinado factor. Esta magnitud se suele expresar cualitativamente, aunque puede intentar cuantificarse. Un ejemplo de este criterio sería el caso de la afección de una carretera sobre un encinar intersecado; el impacto producido por la emisión de contaminantes atmosféricos será en general de escasa magnitud, mientras que la destrucción directa por la construcción puede tener una magnitud elevada.
- Signo. Muestra si el impacto es positivo, negativo o indiferente. En ciertos casos puede ser difícil estimar este signo, puesto que conlleva una valoración que a veces es subjetiva, como

pueden ser los incrementos de población que se producen como consecuencia de la nueva vía.

- Escala espacial o extensión. Tiene en cuenta la superficie espacial afectada por un determinado impacto. Este criterio puede cuantificarse en muchas ocasiones.
- Duración o persistencia. Conceptualmente este criterio hace referencia a la escala temporal en que actúa un determinado impacto (por ejemplo, el impacto producido por las desviaciones de caudales puede durar sólo la fase de obras o durante toda la explotación)
- Momento. Fase temporal en que se produce. El criterio puede adaptarse a las etapas del proyecto (por ejemplo, fase de proyecto, obra o explotación) o hacer referencia a plazos temporales no ligados a aquel (corto, medio y largo plazo).
- Certidumbre. Nivel de probabilidad de que se produzca el impacto. Normalmente se clasifica según una escala cualitativa tal como cierto, probable, improbable y desconocido
- Reversibilidad. Tiene en cuenta la posibilidad de que, una vez producido el impacto, el sistema afectado pueda volver a su estado inicial. Muchos impactos pueden ser reversibles si se aplican medidas correctoras, aunque el elevado coste de muchas de ellas los hace irreversibles.
- Sinergia. Hace referencia a que la acción conjunta de dos impactos, en el que el impacto total es superior al de la suma de los impactos parciales. Un ejemplo claro es el efecto sobre la vegetación de contaminantes atmosféricos
- Presencia de medidas correctoras. Especifica si a un determinado impacto se le pueden aplicar medidas correctoras y en qué grado

En la mayoría de los casos estos criterios de valoración de impactos se suelen aplicar de un modo cualitativo (por ejemplo; alto, medio, bajo), aunque en otros es posible llegar a una cuantificación de los mismos.

3.5. Metodologías de evaluación

Existe un amplio abanico de metodologías de evaluación, algunas derivadas de los estudios de ordenación del territorio y otras diseñadas específicamente para los Estudios de Impacto Ambiental. Estas metodologías van desde las más simples, en las que no se pretende evaluar numéricamente el impacto global que se produce, sino exponer los principales impactos, a aquellas más complejas en las que, a través de diferentes procesos de ponderación, se intenta dar una visión global de la magnitud del impacto. A continuación, se detallan sucintamente y ordenadas de menor a mayor complejidad las metodologías más frecuentemente utilizadas.

- Listas de revisión. Este método es el más simple de los que se utilizan normalmente y consiste en comprobar los impactos que puedan producirse a través de las listas de referencia existentes al efecto. Es importante destacar que estas listas de referencia, por muy completas que sean, siempre pueden tener omisiones, por lo que conviene tener en cuenta que cada estudio es un caso concreto y que se pueden producir impactos no incluido en estas listas.
- Métodos matriciales simples. Consisten en relacionar, por un lado, las acciones del proyecto que pueden causar alteraciones y, por otro, los componentes del medio físico y social afectados. En su forma más simple, estas matrices sólo identifican impactos, aunque pueden complejizarse mediante los distintos criterios de valoración explicados anteriormente. Asimismo, estas matrices pueden elaborarse con criterios gráficos, de modo que su visualización permita identificar de un modo rápido y claro los principales impactos y las acciones del proyecto que los producen.
- Superposición de transparentes. Ha sido aplicado principalmente a los estudios de ordenación territorial, aunque también es utilizable en los Estudios de Impacto Ambiental. Consiste en superponer, sobre un mapa del área de estudio, transparencias coloreadas que indiquen el grado de impacto para determinados factores. Este método tiene la ventaja de la representación espacial de los impactos; su eficacia puede aumentarse mediante el uso de ordenadores con entradas y salidas gráficas.
- Métodos matriciales complejos. Estas matrices causa-efecto son similares a las expuestas anteriormente, y también en ellas se establecen criterios de valoración de los impactos. Las más conocidas son las de Leopold y la de Grandes Presas.

La evaluación de impactos a través del método de Leopold consta de:

1. Identificación de las acciones del proyecto que intervienen y de los componentes del medio físico afectado
2. Estimación subjetiva de la magnitud del impacto, en una escala de 1 a 10, siendo signo + un impacto positivo y el - negativo; esta magnitud parece reflejar la extensión del impacto
3. Evaluación subjetiva de la importancia, entendida ésta como "intensidad de impacto", en una escala de 1 a 10. Estos dos valores se reflejan, dentro de la casilla correspondiente, en la casilla superior izquierda e inferior derecha, respectivamente

La matriz de Grandes Presas es similar en su fundamento a la de Leopold, aunque utiliza otros criterios de valoración que se resumen en la siguiente simbología:

- ✓ Impacto: positivo, negativo y previsible (a confirmar y calificar con estudios más detallados)
- ✓ Importancia: menor, moderada y mayor
- ✓ Certidumbre: cierto, probable, improbable y desconocido
- ✓ Duración: temporal y permanente
- ✓ Plazo: inmediato, medio y largo plazo
- ✓ Considerado en el proyecto: sí o no

Ambos métodos pueden considerarse como informativos, no pretendiendo en ningún momento dar lugar a una evaluación final del impacto. Sin embargo, son muy útiles y claros a la hora de contemplar el impacto que sobre los elementos del medio físico y social tienen las distintas acciones del proyecto y alternativas.

- Redes de interacción. Este método trata de relacionar de un modo gráfico las causas con los efectos primarios, secundarios y de otros órdenes. Las dos condiciones para incluir un eslabón en la cadena son cuestionar la probabilidad y la importancia de que se produzca esta condición de cambio. Como columnas finales de este método se suelen incluir la importancia de los efectos finales y las medidas correctoras.

Esta técnica es útil porque pone en relieve la interacción entre los distintos componentes, aunque en proyectos grandes suele ser excesivamente compleja y difícil de visualizar.

- Método del instituto Battelle - Columbus. Fue desarrollado para determinar el impacto ambiental de proyectos hidroeléctricos. Parte de un sistema estructurado de los factores ambientales en cuatro niveles: categorías ambientales, componentes, indicadores y medidas, que debería ser específico para cada tipo de proyecto. El primer paso en la evaluación es elaborar una función del índice de calidad (In) para los distintos indicadores. Posteriormente se realiza una ponderación relativa del indicador de impacto ambiental (Pn) sobre la base de 1000 unidades asignadas a total de parámetros de un modo divisivo calculándose el impacto neto (In x Pn). La evaluación final se establece comparando la suma de los impactos netos con o sin proyecto. En el caso de que existan impactos inadmisibles éstos se reseñan con "banderas rojas".

Este método pretende valorar conjuntamente el impacto de un determinado proyecto, aunque la ponderación que se realiza y el desconocimiento que se suele poseer sobre las funciones del índice de calidad le otorgan un cierto componente subjetivo difícil de eliminar.

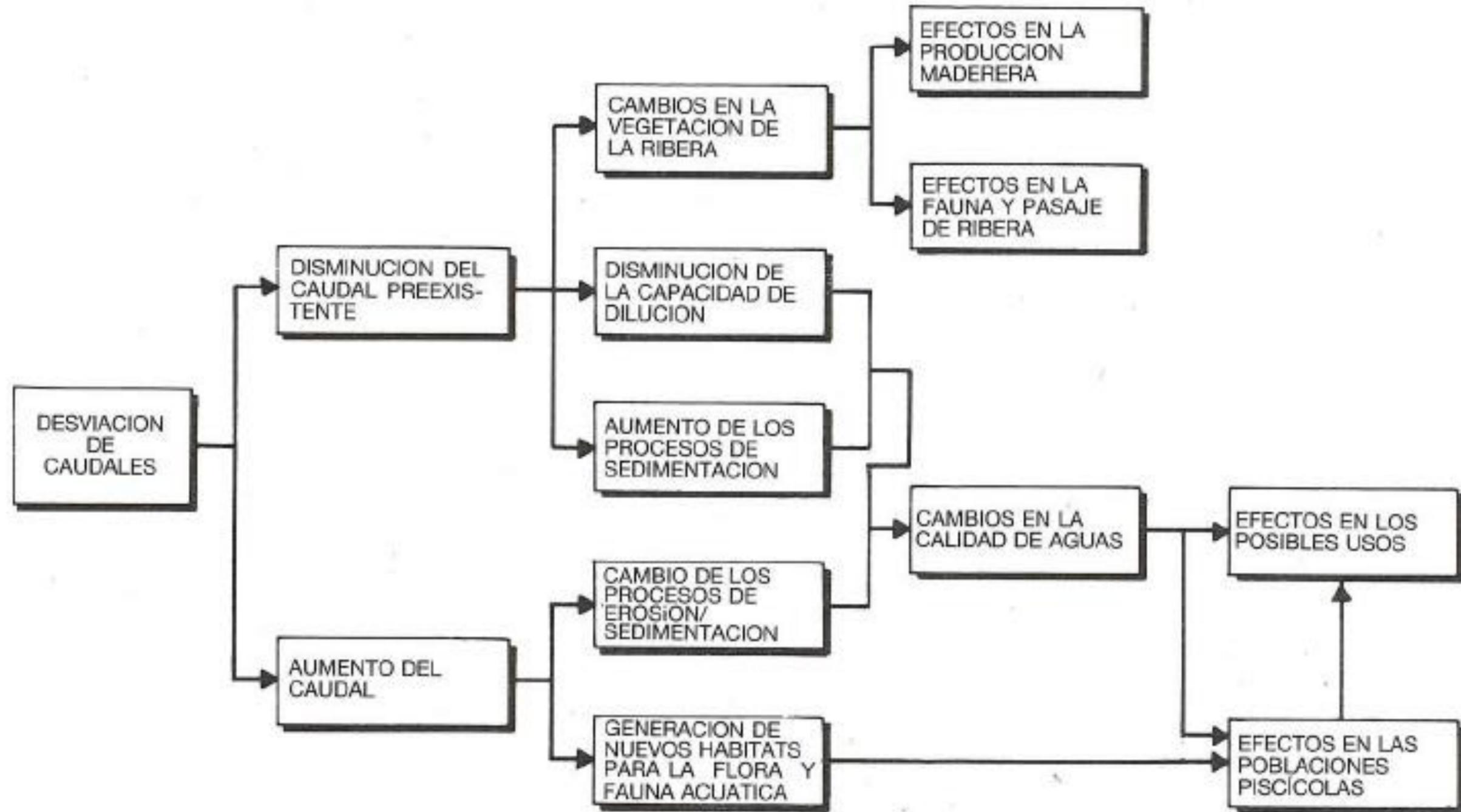


Imagen 2. Ejemplo hipotético de una red de interacción simplificada. Fuente Guías metodológicas para la elaboración de estudios de impacto ambiental. Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente

4. MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTIVAS

Las medidas preventivas de impacto ambiental evitan o mitigan el impacto anticipadamente. Generalmente se basan en otros casos similares, y suponen un ahorro respecto a medidas correctoras aplicadas en esos casos.

Las medidas correctoras de impacto ambiental no siempre consiguen el efecto perseguido, pero hay que tratar de conseguir:

- Minimizar el daño a los ecosistemas
- Integrar la línea ferroviaria en su entorno

Todo esfuerzo porque la nueva infraestructura no perjudique al paisaje que atraviesa, repercute en beneficio, en el sentido de mayor utilización de la misma y aumento del turismo hacia la zona, con la consiguiente mejora del medio socioeconómico. El marco de las medidas abarca no sólo la traza, sino todo el corredor, es decir, accesos, estaciones, etc.

4.1. *Clima*

Las medidas preventivas sobre el mesoclima son de difícil aplicación. En el caso de comunicación entre valles, la única medida posible es reducir la velocidad del viento mediante la interposición de pantallas arbóreas y un diseño adecuado de la vía.

Esta medida también es aplicable a los cambios microclimáticos que se producen por la entrada de los vientos en áreas de bosque, pudiéndose realizar una curva en la entrada y salida de éste y efectuar plantaciones en los alrededores de la vía.

Otro efecto mesoclimático que puede evitarse en gran medida es el corte de las corrientes de aire frío que descienden por el fondo del valle. En el caso que se produzca esta alteración es conveniente sobredimensionar los pasos inferiores de los puentes y terraplenes con el fin de evitar el estancamiento de las masas de aire frío

Finalmente, los efectos microclimáticos generados por la destrucción de la vegetación pueden evitarse estableciendo una vegetación de orla en el bosque, lo cual sirve a su vez como medida correctora contra el ruido y es paisajísticamente recomendable.

4.2. *Calidad del aire*

La complejidad de la aplicación de medidas sobre la calidad del aire hace que sea la selección del trazado de la vía la única manera efectiva de alcanzar unos niveles de inmisión aceptables.

Estas medidas se pueden articular a tres niveles distintos: sobre los focos emisores, sobre las condiciones de dispersión y sobre los receptores.

Las medidas sobre los focos emisores y sobre los receptores sólo son factibles a través de las condiciones de funcionamiento de la vía. En este sentido, y en vías interurbanas, es conveniente mantener un tráfico fluido y una velocidad constante.

Además de lo anteriormente dicho pueden incluirse acciones que facilitan la dispersión de los contaminantes, mediante la ejecución de vías anchas, edificaciones que no sean altas, orientación de las vías de acuerdo con los vientos dominantes, etc.

4.3. *Ruidos*

Sobre esta variable las medidas se pueden articular en tres elementos cuya efectividad va de mayor a menor:

1. El diseño de la traza
2. La transmisión de las ondas y condiciones de funcionamiento de la vía
3. Sobre el receptor

Las primeras están ligadas a reducir en lo posible el número de personas y la superficie territorial expuesta a niveles sonoros elevados, mediante el diseño de la vía.

En lo que respecta al funcionamiento y transmisión, las medidas son en muchas ocasiones económicamente costosas si no se tienen en cuenta en el diseño del proyecto, ya que en muchas ocasiones la falta de espacio es una limitación importante para establecer barreras acústicas.

Las pantallas sonoras tienen por finalidad evitar la propagación del ruido. Estas pantallas pueden tener múltiples diseños tales como caballones de tierra, utilizando los sobrantes de los movimientos de tierras, o vegetación y materiales sólidos.

La efectividad de estas barreras es muy variada. La vegetación en general produce una disminución sonora bastante poco acusada, siendo aconsejable utilizar especies perennifolias de hoja ancha y tupida. Las barreras sólidas, de las que existe una amplia gama, pueden reducir del orden de 15 dBA, aunque su efectividad está limitada a la sombra acústica; suelen ser poco efectivas para proteger las edificaciones en altura.

4.4. *Geología y geomorfología*

La mayoría de las medidas sólo pueden aplicarse a nivel del proyecto de la vía o durante la fase de obra.

La pérdida de puntos de interés geológico es un impacto importante que debe evitarse, siendo posible únicamente a través de un adecuado diseño del trazado y de un cuidado esmerado en los movimientos de tierras y en la elección de las zonas de acumulo y de extracción de materiales; también es importante en esta fase, para evitar destrucciones no deseadas, un control en el movimiento de la maquinaria pesada.

Los riesgos de desprendimientos mediante un diseño adecuado de los taludes (pendientes tendidas, abanalamientos, etc.) Otras medidas adicionales son la instalación de redes y mallas, la colocación de drenes, etc.

4.5. *Hidrología superficial y subterránea*

Las medidas en la hidrología superficial y subterránea están estrechamente ligadas al diseño del proyecto, no existiendo en muchos casos medidas correctoras después de la fase de obras.

Cuando existen interrupciones en el flujo de aguas subterráneas, al existir una capa freática debajo de la obra, la única medida posible es preventiva. En este caso es aconsejable que el elemento de cota más baja de la obra esté al menos 1,5 m por encima del nivel freático. Un problema similar se presenta al actuar en áreas de recarga de acuíferos por reducción de la tasa de infiltración, siendo la medida preventiva evitar las actuaciones en estas zonas; en el caso de que esto no fuese posible, existe una solución: recoger las aguas de escorrentía y, una vez tratadas, verterlas en las zonas de recarga; en el caso de que no se traten es preferible conducir las aguas mediante cunetas y canalizaciones fuera de la zona de captación.

Respecto al efecto barrera-presa, la única medida posible es sobredimensionar los pasos inferiores de los terraplenes y puentes, de manera que se reduzca este riesgo. Sin embargo, en zonas de alta probabilidad de inundación, se pueden establecer medidas adicionales, tales como revegetación de las cuencas, etc.

Finalmente, las desviaciones de caudales superficiales deben evitarse en lo posible, reconduciéndose las aguas de escorrentía a cursos fluviales ya existentes, puesto que esto evita erosiones hídricas no deseadas y permite mantener los caudales de los cauces preexistentes.

La calidad de las aguas, tanto superficiales y subterráneas, es otro de los aspectos importantes, pudiéndose aplicar en este caso algunas medidas correctoras. Durante la fase de construcción se deben realizar las obras con cuidado, puesto que los movimientos de tierra pueden afectar muchas veces por descuido a la calidad de los cursos fluviales; otro tanto ocurre con los vertidos de accidentes y grasas de la maquinaria pesada. En este sentido se debe intentar que los sólidos disueltos no lleguen a los cauces fluviales o que si los alcanzan lo hagan con un menor contenido en sólidos y nutrientes. Esto se consigue mediante pantallas vegetales, instalando parapetos temporales o realizando pequeñas balsas. Asimismo, deben recogerse los aceites y grasas de la limpieza de los motores.

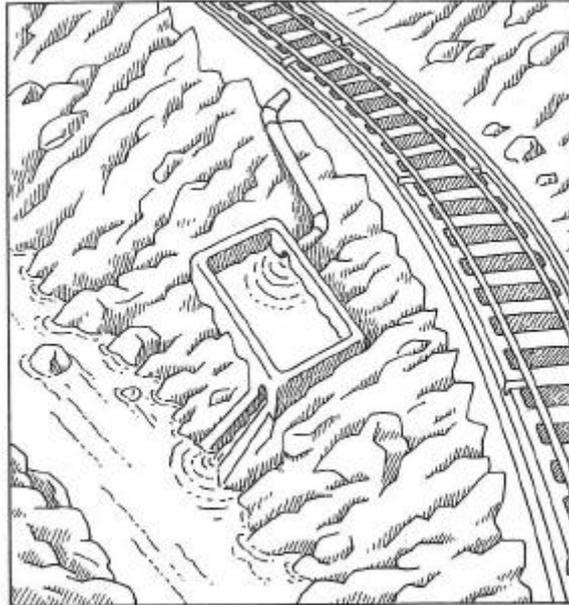


Imagen 3. Ejemplo de balsa de decantación. Fuente Guías metodológicas para la elaboración de estudios de impacto ambiental. Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente

Durante la fase de explotación, la principal medida es evitar la erosión. Sin embargo, en muchos casos, resulta conveniente establecer pequeñas balsas de decantación por tramos, con el fin de que, al verter las aguas al cauce, éstas presenten menor concentración de contaminantes.

Debe preverse la posibilidad de que existan vertidos accidentales sobre todo en vía con un tráfico regular de materias tóxicas o peligrosas. En estos casos es útil realizar canalizaciones y derivaciones a balsas creadas para esta finalidad.

Por último, el problema derivado de la aplicación de anti hielos e insecticidas puede reducirse en gran medida regulando su aplicación y evitando los vertidos accidentales e los depósitos de almacenamiento.

4.6. Suelos

Las principales alteraciones sobre los suelos pueden resumirse en tres aspectos: aumento de la erosión, pérdida de volúmenes de la capa edáfica superficial y compactación de suelos en los aledaños de la vía. No debe olvidarse que los suelos son un recurso escaso y de gran valor y que, además de su valor intrínseco, poseen un banco de semillas de las especies de las propias de la zona, por lo que, si se recuperan y se utilizan posteriormente, las labores de revegetación y conservación de suelos serán más rápidas y baratas.

Las medidas para disminuir la erosión están ligadas a las actuaciones que se lleven a cabo sobre las siguientes variables:

- El factor de erosión ligado a la calidad del suelo
- La longitud y pendiente de la ladera

- La cobertura vegetal

El factor de erosión ligado a la calidad del suelo puede reducirse de varias formas, siendo la más efectiva impermeabilizar la parte alta de los taludes, creando unos canales que desvíen los caudales a las cunetas o a los cursos fluviales

La longitud y pendiente de taludes y terraplenes pueden reducirse considerablemente con un diseño adecuado, siendo interesante en desmontes altos y verticales proceder a su abancalamiento. Estas labores no sólo reducen considerablemente la erosión y aumentan la seguridad vial al incrementarse la estabilidad de los taludes, sino que son imprescindibles a la hora de realizar adecuadamente los trabajos de revegetación.

Por último, para reducir la erosión es conveniente que las aguas de escorrentía sean vertidas a los cauces preexistentes, de modo que se evite la erosión hídrica por creación de nuevos sistemas de escorrentía.

Como medidas para evitar la destrucción directa de suelos o su compactación se pueden citar:

- Reutilización de materiales. La excavación de túneles produce un gran volumen de materiales que puede ser utilizado como balasto o para áridos de hormigones.
- Localización de vertederos. Si los materiales no son susceptibles de reutilización, para minimizar impactos será preciso encontrar el cuenco donde depositarlos, teniendo en cuenta el efecto sobre los distintos sistemas.
- Recogida, acopio y tratamiento de suelo con valor agrológico. Esta operación afectará a un espesor variable dependiendo del tipo de suelo. Como normas generales cabe citar
 1. Si el horizonte A tiene un espesor superior a 30 cm, se retirará de forma selectiva; sólo cuando no alcance este espesor puede retirarse una capa del horizonte inferior del subsuelo hasta completarlo
 2. Es deseable que, tanto la tierra vegetal como el subsuelo, sean redistribuidos inmediatamente.
 3. En el caso de almacenarse debe realizarse en montones cuya altura no debe superar los 150 cm, en una superficie allanada que impida la disolución de sales por escorrentías
 4. Durante el tiempo en que los suelos permanezcan apilados, deben someterse a un tratamiento de siembra y abonado, encaminado a evitar la degradación de la estructura original por compactación, compensar las pérdidas de materia orgánica y crear un tapiz vegetal que aporte unas condiciones que permitan la subsistencia de la micro fauna y micro flora originales, así como invertebrados.

5. Previo a la implantación de una cubierta vegetal en suelos desnudos, es preciso que la remodelación de los volúmenes conduzca a forma técnicamente estables, ya que de nada serviría comenzar las tareas de regeneración natural si no existe un equilibrio mecánico inicial
6. En muchas ocasiones es interesante que estos suelos estén entremezclados con la vegetación destruida, puesto que aumenta el contenido en materia orgánica y, por lo tanto, el banco de semilla

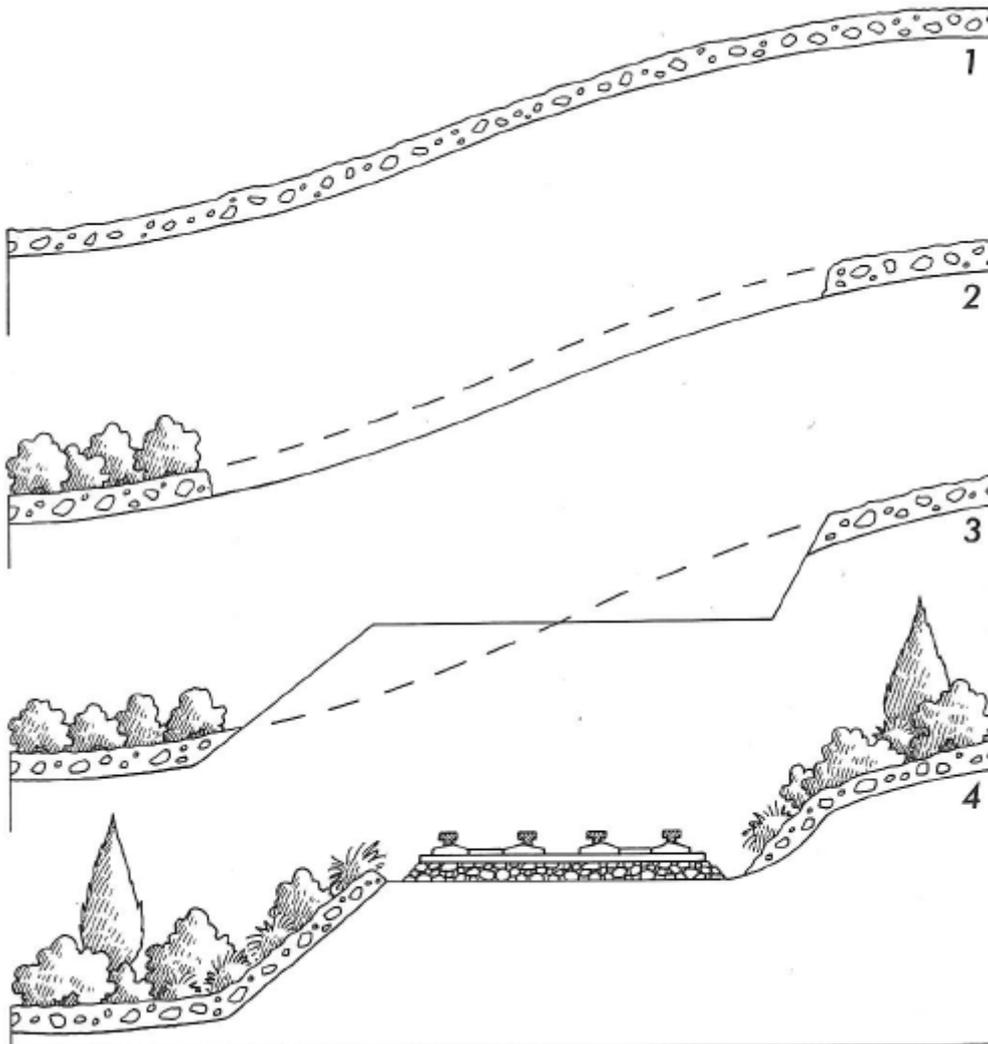


Imagen 4. Labores recomendadas para proceder a la reutilización de la capa edáfica. Fuente Guías metodológicas para la elaboración de estudios de impacto ambiental. Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente

- Utilización de lodos de rechazo y estériles. En los huecos o vacíos que se pueden crear en la explotación de canteras y graveras, asociadas a la construcción de la infraestructura viaria, se utilizarán los lodos de rechazo y estériles para su relleno, si la cantidad es apreciable.
- Evitar la compactación de suelos. Los movimientos de la maquinaria pesada en la fase de obras, las zonas de acúmulos de materiales, etc., producen una compactación de suelos. Por ello, los cuidados en la fase de obras deben extremarse, reduciéndose estas superficies en lo posible y seleccionando las áreas con menor valor edafológico. Al finalizar la fase de obras se puede proceder a realizar un laboreo de estas superficies para proceder a su recuperación

4.7. Vegetación

La reducción del impacto sobre la vegetación está más ligada a no destruir esta que a realizar siembras y/o plantaciones posteriores. Como medidas a aplicar se pueden citar las siguientes

- Minimización de la superficie alterada. La creación de desmontes y terraplenes en los trabajos de explanación, apertura de canteras, así como la creación de diversos caminos de acceso a los diferentes tajos o puntos de trabajo, deberá ser analizada de forma puntual, restringiendo en lo posible la superficie de alteración. Esta medida debe quedar representada cartográficamente, de modo que los operarios de la construcción cuenten desde el inicio de la obra con las instrucciones precisas.
- Regeneración de la cubierta vegetal. Cuando la protección no es del todo posible y es inevitable la pérdida de vegetación se debe intentar la recuperación de la cubierta vegetal autóctona, creando las condiciones óptimas en cuanto a pendientes, suelo, etc. que posibilite a corto plazo la implantación de especies herbáceas y anuales y, a medio y largo plazo, la colonización de la vegetación autóctona inicial.
- Implantación de una nueva cubierta vegetal. En aquellos casos en que, bien porque las condiciones ambientales dificultan la colonización vegetal, bien porque interesa que la velocidad de recuperación sea más alta, se debe proceder a ayudar a los procesos naturales mediante plantaciones y siembras.

El tipo de cubierta vegetal a implantar estará determinado en función de las siguientes variables; vegetación autóctona existente; pendiente de los terrenos; clima; condiciones edáficas; entorno paisajístico; uso social del lugar

Es interesante resaltar que para que una plantación tenga éxito es necesario que se cumplan una serie de requisitos básicos, entre los que se pueden citar: un adecuado diseño de desmontes y terraplenes, con pendientes tendidas y abanalamientos; en muchas ocasiones reservar espacio para efectuarlas (por ejemplo, en las medianas o en el borde de las cunetas y terraplenes); una preparación previa del terreno (por ejemplo mediante mulches, extendido

de tierra vegetal, abonados, etc.); un mantenimiento posterior de las plantaciones realizadas (al menos 2 ó 3 años). En la selección de especies deben evitarse especies no autóctonas, puesto que se pueden producir invasiones no deseadas de especies exóticas.

Las técnicas para efectuar estas plantaciones son variadas y su utilización depende de cada caso.

- Disminución del riesgo de incendios. En zonas proclives a los incendios, debe realizarse un estudio detallado para disminuir este riesgo, tomando medidas tales como plantaciones de especies pirrófitas, mantenimiento de la vegetación, establecimiento de puntos de agua, etc.
- Acumulación de metales pesados y pérdidas de productividad. A nivel del medio receptor en este caso la vegetación, es interesante evitar la presencia de cultivos y pastizales a menos de 10 m de la vía, no plantar especies sensibles a los distintos contaminantes y crear una "barrera" arbustiva en los bordes de la vía de modo que esta vegetación dificulte la dispersión de los contaminantes.

Estas medidas para conservar y regenerar la vegetación, pueden aplicarse a las alteraciones generadas en otros sistemas, tales como el ruido, erosión, fauna, paisaje, etc.

4.8. *Fauna*

Los impactos sobre la fauna terrestre son de difíciles de prevenir, siendo necesario para establecer las medidas un profundo conocimiento sobre los hábitos y el comportamiento de las diferentes poblaciones implicadas.

La destrucción directa del hábitat de las especies carece de medida correctora, por lo que el diseño del trazado debe evitar zonas especialmente sensibles.

El efecto barrera y los riesgos de atropellamiento pueden evitarse, en parte, mediante el diseño de pasos elevados y sobre todo inferiores. Estos pasos deben diseñarse con cuidado, puesto que en zonas donde existe furtivismo la medida puede llegar a ser contraproducente; asimismo, en el caso de que la afección sea por un efecto de corte entre dos hábitats diferentes utilizados por una determinada población (por ejemplo, entre zonas de alimentación y bebederos) se puede intentar crear hábitats alternativos a ambos lados de la vía.

Otras medidas correctoras para estos efectos de corte son la colocación de vallas para evitar atropellamientos, limitaciones en la velocidad máxima y señalizaciones, etc.

Las afecciones sobre zonas sensibles (por ejemplo, áreas de reproducción) son también difíciles de corregir, debiendo ser específicas para cada caso en concreto.

Finalmente, el problema del aumento de la frecuencia sólo puede abordarse con medidas de planificación y disuasorias, tales como la creación de puntos de atracción, plantaciones vegetales que dificulten el paso, prohibición de parada para los vehículos, etc.

Las medidas correctoras aplicables a la fauna acuática están ligadas al mantenimiento de caudales y de la calidad de las aguas; estas medidas ya se han expuesto anteriormente. Otras medidas que deben contemplarse se refieren al mantenimiento de la diversidad de condiciones ambientales de los cauces, tanto a nivel microtopográfico como de vegetación, y evitar los cortes y afecciones en cauces con especies anádromas o catádrovas.

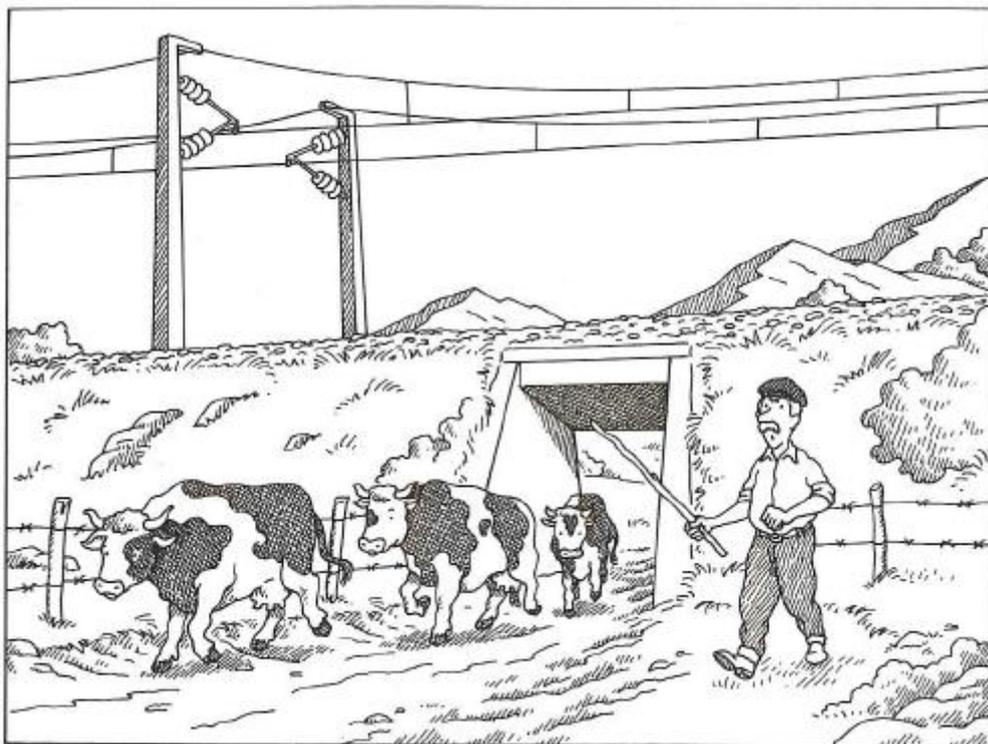


Imagen 5. Ejemplo de paso subterráneo para evitar el efecto barrera sobre fauna. Fuente Guías metodológicas para la elaboración de estudios de impacto ambiental. Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente

4.9. Paisaje

Este componente es quizás aquel en el que se pueden aplicar mayor número de medidas preventivas y correctoras. Sin embargo, a la hora de establecer estas medidas hay que tener en cuenta que el éxito conseguido va a depender del diseño del proyecto, tanto en lo que respecta al trazado, obras de fábrica, taludes y desmontes, espacios que se dejan para efectuar las plantaciones y posibilidad de tomar medidas fuera del ámbito de la expropiación. Además, no debe perderse de vista que las medidas de integración paisajística pueden aumentar en gran medida la seguridad vial, al resaltar los trazados, evitar problemas de deslumbramiento, disminuir el riesgo de desprendimientos, etc.

Sin embargo, la problemática de cada vía, tanto en lo que respecta al trazado como al medio afectado, hace que cada caso sea particular. Por ello, se deben evitar "recetas" que se apliquen a todos los casos, siendo muy importante el diseño paisajístico, que tiene por función integrar, en lo posible, la vía en el entorno existente.

Las medidas preventivas a aplicar en una vía de comunicación pueden agruparse en cinco grandes grupos íntimamente relacionados:

- Medidas de diseño en la traza y de las infraestructuras. Este aspecto es uno de los más importantes. En general, se puede decir que contra más se adapte la vía a las formas del terreno, más fácil es una integración. Así los tramos absolutamente rectos suelen provocar impactos importantes, especialmente en zonas de relieve abrupto u ondulado; en oposición, tramos curvos que respeten la topografía del lugar, evitan en gran medida los impactos visuales.

La importancia de este impacto está unida también a la visibilidad de la vía: aquellas que están a nivel del suelo no producen problemas especialmente acusados, sobre todo si se toman otras medidas. En cambio, los tramos que van sobreelevados presentan una incidencia más fuerte, puesto que la calzada provoca un corte en las vistas del paisaje.

El adecuado diseño de estructuras tales como pasos elevados, puentes, etc., puede reducir en gran parte estos impactos. Como norma general se puede decir que aquellas estructuras macizas que provocan un corte visual se integran peor en el paisaje que aquellas otras más "aéreas", en las que el corte es mucho menor.

Estas medidas de integración de la traza no siempre deben buscar su ocultación, sino que en ciertos casos puede ser oportuno resaltarlas, especialmente en el caso de grandes estructuras que tienen un componente arquitectónico importante, como pueden ser los puentes. En estas ocasiones la propia vía es la que ejerce un efecto caracterizador sobre el paisaje, lo cual puede tener mucho interés en vías urbanas y en paisajes fuertemente antropizados.

En este apartado puede incluirse también el diseño de las edificaciones, que debe respetar la tipología constructiva de la zona afectada.

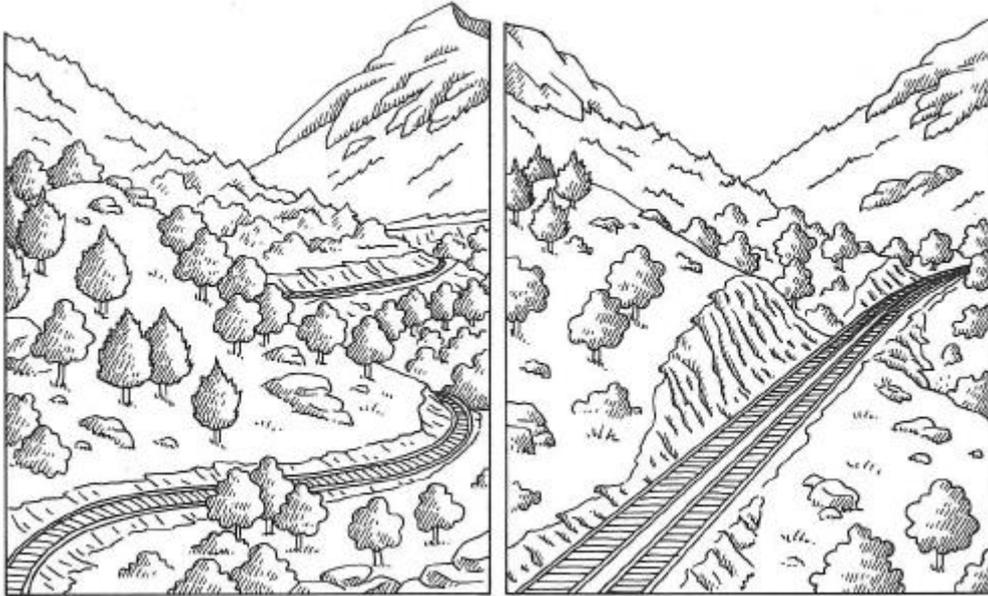


Imagen 6. Ejemplo hipotético de un caso impactante y otro adaptado a las formas del terreno. Fuente Guías metodológicas para la elaboración de estudios de impacto ambiental. Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente

- Medidas sobre las formas. Están ligadas estrechamente al punto anterior, aunque se refieren más concretamente a la morfología del medio físico afectado por la forma de las estructuras de la vía.

Los dos elementos donde se puede incluir más son la geomorfología y las plantaciones de vegetación. En el primero es interesante que los taludes sean lo más tendido posible, evitando los cortes rectos que suelen realizarse en la cabecera y en los extremos de los desmontes; también es conveniente que el acabado final de los mismos no cree una superficie totalmente lisa, puesto que contrasta fuertemente con la textura de los taludes naturales y dificulta la colonización posterior de la vegetación. Otra medida aplicable a los desmontes; también es conveniente que el acabado final de los mismos no cree una superficie totalmente lisa, puesto que contrasta fuertemente con la textura de los taludes naturales y dificulta la colonización posterior de la vegetación. Otra medida aplicable a los desmontes es la realización de bancales, en los cuales se puede plantar vegetación, con lo cual se consigue que el talud esté visualmente oculto y que exista una profundidad de vistas en la estructura vegetal que no sería factible con una única pantalla

Las plantaciones al borde de la carretera pueden adoptar diversas formas. En este sentido, estas plantaciones deben depender en gran manera del paisaje existente en el entorno. Así, no siempre es necesario que sean filas de árboles dispuestas en línea recta, sino que pueden diseñarse bosquetes o también alineación con un patrón más irregular, lo que genera para el conductor una sensación de mayor profundidad visual de la vegetación

- Textura y color. Ciertas medidas están orientadas a conseguir una textura y color que facilite la integración paisajística de la vía y que aumente la seguridad vial.

En este sentido, los dos elementos sobre los que se puede actuar son la vegetación y las características cromáticas de ciertas estructuras.

Con respecto a la vegetación, se deben corregir, mediante plantaciones y siembras, las zonas denudadas (especialmente los taludes y terraplenes) y aquellas otras áreas donde se ha destruido la vegetación por obras, intersecciones, raquetas, pasos a nivel, etc. El diseño en cuanto a color y textura dependerá, en gran manera, del entorno existente. En zonas periurbanas o fuertemente humanizadas, se puede tender a diseños más ajardinados, en las que el color de la vegetación puede ser un elemento muy importante. En las zonas claramente rurales, los diseños deben adaptarse al colorido y textura del paisaje, procurando realizar las plantaciones con especies autóctonas de la zona y con una disposición acorde a la de las zonas aledañas.

Los diseños cromáticos sobre las estructuras pueden reducir en gran parte el impacto visual de estas, al mismo tiempo que supone una mejora en las condiciones de conducción de los usuarios. En general se deben evitar los diseños a bandas verticales que sean repetitivos, puesto que provocan una fatiga visual en el conductor; más adecuados son los diseños con franjas horizontales, resaltando ciertos elementos que dan seguridad a la vía (por ejemplo, la base de las barreras rígidas de hormigón de seguridad en la separación de calzadas) y ocultando otros cuya visión puede ser paisajísticamente negativa, bien para el usuario, bien para el observador ajeno a la vía.

- Visibilidad. Las medidas sobre la visibilidad pueden utilizarse para conseguir tres objetivos diferentes: aumentar la seguridad de los usuarios de la vía, reducir la visibilidad de ciertos elementos externos a la vía paisajísticamente no deseables y ocultar la vía a los no usuarios de la misma

El primer tipo de medida ha sido aplicado en muchas ocasiones con gran éxito para mejorar la conducción en condiciones de baja visibilidad.

Las medidas tendentes a la ocultación de elementos no integrados paisajísticamente se basan fundamentalmente en la interposición de pantallas. Para su diseño hay que tener en cuenta la perspectiva y el lugar de los observadores, lo cual conlleva en muchas ocasiones que estas pantallas se establezcan en el exterior de las zonas de expropiación. Otro aspecto a considerar es la época en la que se quieren ocultar, puesto que, si es durante todo el año, se puede utilizar la vegetación perennifolia, mientras que si es solo en la época estival es preferible plantar especies caducifolias.

En resumen se puede decir que respecto al paisaje existe una serie de medidas aplicables en las distintas fases, siendo necesario que cada proyecto posea un diseño propio en función del medio afectado.

4.10. *Socioeconomía*

Las medidas sobre el medio social y económico son difíciles de aplicar, puesto que en muchas ocasiones abarcan un ámbito más amplio que el afectado directamente por la vía. A continuación, y sin ánimo de ser exhaustivos, se citan algunas de ellas aplicables a los distintos proyectos de ferrocarriles:

- Recolocación de elementos singulares. Cuando el trazado de la infraestructura o las obras anejas ocasionan la desaparición de algún elemento singular, deberá analizarse la posibilidad de su traslado y reconstrucción dentro de las proximidades de su localización originaria.
- Asfaltado de viales de obra o riego continuo mediante camión cuba. Con ello se evitan los impactos derivados por la inmisión de partículas, tales como: pérdida del valor de cosechas, pérdida de la calidad estética, afección a las vías respiratorias, etc.
- Compensación económica por las expropiaciones. Mediante una valoración adecuada de las superficies expropiadas. También en este apartado debe incluirse la posibilidad de realizar permutas parcelarias para las explotaciones interceptadas por la vía.
- Amortiguamiento sonoro. Las medidas sobre las fuentes tales como las pantallas sónicas han sido abordadas anteriormente. Otras medidas que pueden tomarse se refieren a ayudas o compensaciones para instalar medidas de insonorización en las casas, tales como dobles ventanas, insonorización de paredes, etc.
- Restauración de la red vial existente. Mediante diversas formas: pasarelas peatonales, pasos subterráneos, puentes elevados, pasos a nivel, etc... Todas ellas encaminadas a disipar el efecto "barrera" que puede crear la infraestructura, así como los derivados de éste.

5. **MEDIDAS COMPENSATORIAS**

Cuando el impacto ambiental es irreversible, se ofrecen compensaciones que pueden tomar diversos aspectos:

- Económicos. El más importante es el pago de las expropiaciones, ocasionando, con el justiprecio de las mismas, retrasos en el comienzo de las obras.

En el caso de las molestias ocasionadas por el ruido, el promotor de la vía puede ofrecer a los vecinos colindantes ayudas económicas para mejorar los aislamientos, como pueden ser cristales insonorizados, etc.

Otro tipo de ayudas económicas pueden ser exenciones en el pago de impuestos a locales afectados por las obras o subvenciones por pérdidas de ventas durante las mismas.

Respecto a las expropiaciones, éstas pueden ser de dos tipos:

1. Temporales, de reposición o de servicios. Son las que se efectúan mientras dura la obra. Un ejemplo es el caso de una conducción de abastecimiento de agua, cuya traza atraviesa sembrados y eriales. La expropiación paga la indemnización correspondiente a las cosechas perdidas en el ancho afectado, según se pueda o no salvar la cosecha en el año en curso

Terminada la obra se abona también el arado del terreno, si no se trata de un erial. En caso de revisiones de la traza, el agricultor está obligado a permitir el paso sobre los sembrados.
1. Permanentes. Un caso típico es la traza de un ferrocarril. En el caso anterior, son expropiaciones permanentes las zonas correspondientes a las arquetas. Hay administraciones que prefieren que la traza de una tubería sea de expropiación permanente, para no tener que solicitar permiso de visita y además el expediente es más rápido.

 - Calidad de vida. Transformando zonas de vertederos municipales en parques o creando lagos y lugares de recreo

6. PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL

El objetivo fundamental del programa de vigilancia ambiental es realizar un seguimiento del cumplimiento de las medidas correctoras, así como de la eficacia de las mismas. También se persigue la detección de alteraciones (esencialmente las negativas) que puedan haberse pasado por alto o bien ha sido imposible evaluar eficazmente en el estudio de impacto ambiental.

Para la ejecución de este programa es necesario disponer de un equipo técnico que lo lleve a cabo. La duración del programa incluirá el tiempo que duren las obras, más los tres años siguientes a la instalación, periodo en el que se estudiará la incidencia de la actividad en tiempo real.

Asimismo, hay que destacar que el programa de vigilancia se ejecutará durante la fase de simulación del servicio. Esta fase, comenzará una vez finalizadas las obras y durará entre 2 y 3 meses.

6.1. Verificación

Durante esta etapa se comprobará que se han adoptado las medidas correctoras y protectoras propuestas, y se realizará antes del acta de recepción provisional de las obras. Aparte de comprobar que se han

realizado todas las actuaciones previstas, se deberá vigilar el nivel de calidad de las mismas enumerando las deficiencias detectadas.

6.2. Seguimiento y control

Esta etapa está destinada a comprobar que las medidas correctoras funcionan del modo previsto. Para ello se seguirá una campaña de seguimiento anual durante los tres años a partir de la emisión del acta de recepción provisional de las obras. Los aspectos a tratar en dicha campaña podrán ser:

- Contaminación acústica. Realizando un seguimiento de los niveles de ruido soportados en las viviendas más próximas al vial.
- Aguas residuales de instalaciones. Se deberá comprobar el adecuado funcionamiento de los sistemas de tratamiento las aguas residuales de las diferentes instalaciones. Para ello se tomarán muestras de agua a la salida de los sistemas contrastando los parámetros obtenidos con los exigidos por la ley para este tipo de actividad industrial. Se realizará una toma de datos mensual emitiéndose un informe trimestral que abarque la duración de la fase de simulación, e indicando la fecha de la toma de muestra, caudal de salida, parámetros medidos y metodología empleada.
- Ambiente electromagnético. Para el caso de ferrocarriles alimentados eléctricamente mediante catenaria, se podrá emitir un informe trimestral en el que se expondrá el estado de los equipos transformadores y catenaria, así como el nivel de radiaciones electromagnéticas y las posibles interferencias con campos eléctricos y magnéticos. Debe verificarse que estas no suponen riesgos para el bienestar y la salud humana y que no generan perturbaciones. Asimismo, en dicho informe deberá plasmar la posible incidencia sobre la emisión de radioaficionados.
- Factores estéticos y culturales: patrimonio arquitectónico y arqueológico. Durante la fase de obra se comprobará el adecuado orden y limpieza de las obras, así como la uniformidad estética de los elementos de protección y delimitación de las mismas (vallas, señales etc), con objeto de minimizar el impacto visual de las mismas sobre el paisaje urbano. Se deberá comprobar que se respetan las actividades y usos definidos en el perímetro de protección de cada uno de los elementos del patrimonio, así como los elementos de interés, protegidos o no.

De igual forma se llevará un registro de cualquier posible afección producida a estos elementos del patrimonio y se realizará el seguimiento de las acciones emprendidas para reponer el daño eventual.

Durante la fase de explotación se deberá comprobar adecuado mantenimiento de los distintos elementos constructivos y de equipamiento del proyecto, debiéndose informar anualmente del estado de cada uno de ellos

Durante la fase de construcción se procederá a la elaboración de un informe mensual en el que se exprese todo eventual hallazgo y la afección a posibles yacimientos arqueológicos no detectados en el Estudio de Impacto Ambiental.

- Vegetación preexistente. Será necesario informar sobre el estado de la vegetación herbácea, arbustiva y arbórea de la zona general de afección
- Elementos de jardinería. Durante la fase de obras se deberán supervisar los trabajos relativos a desbroces, trasplantes y reposición de ejemplares afectados por las obras, realizando un seguimiento y registro fechado de las acciones más importantes a este efecto.

En periodo de explotación se deberá comprobar el adecuado estado de mantenimiento de los jardines y alineaciones realizadas en el proyecto.

Para ello se deberá emitir un informe anual en el que se desarrollen los siguientes apartados:

1. Estado sanitario de los elementos vegetales: En esta sección se indicará la presencia de posibles plagas y enfermedades encontradas, especie y número de individuos vegetales afectados y grado de afección.
 2. Estado de los elementos constructivos: En este apartado se expondrá el estado de los distintos elementos constructivos de la jardinería (alcorques, muretes, muros de contención etc.) indicando posibles deficiencias encontradas en los materiales de construcción, o las causadas por el uso.
 3. Estado de los sistemas de riego: Aquí se indicará el sistema de riego utilizado, se comprobará que la uniformidad de riego en general no es inferior al 80 %. Se comprobará el estado de las tuberías, aparatos de control, filtros, equipos de fertirrigación y de los equipos de electrónicos de automatismo.
- Fauna. Deberá realizarse un seguimiento de la incidencia de la fase de obras y de funcionamiento de la nueva infraestructura

6.3. Redefinición

En esta etapa se asegurará la adopción de nuevas medidas correctoras y modificación de las previstas en función de los resultados del seguimiento y control de los impactos detectados o de otros no previstos que pudiesen aparecer, tanto en la fase de construcción como de funcionamiento.

Dicha etapa podrá:

- Redefinir y modificar medidas correctoras establecidas, si los objetivos planteados con las mismas no se cumplen en el grado deseado.
- Modificar la periodicidad de los muestreos, o incluso eliminar los mismos en función del grado de cumplimiento de los objetivos planteados.

6.4. Emisión y remisión de informes

En esta fase se especifica la periodicidad de remisión de informes y su remisión al órgano sustantivo ambiental actuante para la fase de construcción y operativa.

Se consideran relevantes los siguientes informes

- Informe de la etapa de verificación: Antes del acta de recepción provisional de las obras y una vez cumplimentada la etapa de verificación.
- Informes de la etapa de seguimiento y control, que deben ser remitidos al Órgano Ambiental actuante:
 - Informe sobre la contaminación acústica: Durante la fase de instalación se emitirá un informe trimestral de los niveles de ruido producidos por las obras en los distintos puntos del trazado. asimismo, durante la fase operativa se realizará un informe que será emitido al final de la fase de simulación.
 - Informe sobre la vegetación y jardinería: Al final de la fase de instalación se remitirá un informe sobre el estado de los elementos constructivos y vegetales de la jardinería realizada y afectada por el proyecto. Asimismo, se remitirá un informe en los mismos términos al final de la fase de simulación y transcurrido un año de funcionamiento de la nueva infraestructura.
 - Informe sobre la fauna: Tras la finalización de la etapa de simulación se entregará un informe del resultado del seguimiento de la fauna. Posteriormente y de forma anual durante tres años tras la entrada en funcionamiento se confeccionará otro informe sobre la evolución y estado de las comunidades y especies faunísticas.
 - Al final de la fase de simulación se emitirá un Informe sobre el adecuado funcionamiento de los sistemas de tratamiento de agua en las instalaciones
 - Al final de la fase de simulación se emitirá un Informe sobre el adecuado funcionamiento de los equipos transformadores de alimentación de energía y catenaria, así como de los niveles de radiaciones y campos emitidos por dichos equipos, en caso de que la infraestructura ferroviaria se alimente por energía eléctrica
 - Al final de la etapa fase de simulación se emitirá un Informe sobre el estado de los elementos constructivos y equipamientos de proyecto.